知识管理论坛 ISSN 2095-5472 CN11-6036/C
Knowledge Management Forum

E-mail: kmf@mail.las.ac.cn
http://www.kmf.ac.cn

【学术探索】

考虑知识创新与传播意愿的企业间知识传播模型

连卓毅 王筱莉 张静 钱梦迪 陈淑琴
上海工程技术大学管理学院 上海 201620

摘要：［目的 / 意义］知识经济时代，企业知识被认为是企业发展的主要驱动力，如何找到知识传播规律，进行有效的知识传播成为学者们日益关心的问题。［方法 / 过程］在经典的传染病模型 SEIR 模型基础上，将企业分为知识创新型企业与一般知识未知企业，在考虑知识创新型企业能够进行知识创新的基础上，结合企业知识传播意愿对企业知识传播的影响，构建考虑企业知识传播意愿的 B-STEHIR 模型，并给出该模型的平均场方程。同时，通过下一代矩阵法求解基本再生数，使用 Matlab2020a 对该模型进行仿真模拟。［结果 / 结论］在创新型企业的知识创新引领下，传播意愿这一因素在企业知识传播过程中起到重要作用，对比不考虑传播意愿的知识传播模型，在考虑传播意愿的知识传播模型中知识传播得更慢；创新知识传播意愿越强会使一般知识传播越慢，企业与政府可采取各种办法促进企业知识有效传播。

关键词：企业知识 知识传播 SEIR 模型 传播意愿 B-STEHIR 模型
分类号：G258.5; G252

引用格式：连卓毅，王筱莉，张静，等．考虑知识创新与传播意愿的企业间知识传播模型 [J/OL]. 知识管理论坛，2023, 8(1): 65-76[引用日期]. http://www.kmf.ac.cn/p/333/.

1 引言

企业知识被认为是知识经济时代企业获取竞争优势的主要驱动力，能够对企业发展起到有力的推动作用。1993 年，管理学大师德鲁克就提出“企业的知识与知识工作者就是企业最重要的资产”[1] 这一观点。随着知识经济时代的到来，各领域的学者从心理学、传播学、管理学、社会学等多个方面对知识传播进行了研究。找出知识传播规律并进行有效的知识传播成为传播领域的主要研究课题。

对知识产权的保护会影响企业传播知识的意愿，国外一直较为看重知识产权的保护，国内自党的十八大以来，知识产权的保护工作被摆在更加突出的位置，十八大前后出台了《深入实施国家知识产权战略行动计划》《国务院关于新形势下加快知识产权强国建设的若干意见》等一系列政策。习近平总书记指出：创新是引领发展的第一动力，保护知识产权就是保护知识创新。未来知识产权保护势必会越来越受到重视，逐渐加强的知识产权保护意味着创

作者简介：连卓毅，硕士研究生；王筱莉，副教授，博士，硕士生导师，通信作者，E-mail: 03140021@sues.edu.cn；张静，硕士研究生；钱梦迪，硕士研究生；陈淑琴，硕士研究生。

收稿日期：2022-04-18 发表日期：2023-02-27 本文责任编辑：刘远颖



知识管理论坛
2023 年 第 1 期（总第 43 期）

新知识、创新技术、创新发明等的泄露变得更不可能。在知识产权保护越来越被重视的背景下，知识创新型企业主动将创新知识、创新技术、创新发明等分享给其他企业的意愿很大程度上影响着企业知识传播。

此外，P. Babcock 的研究指出，根据国际数据公司（IDC）的统计，《财富》500 强企业每年由于没有成功传播知识而造成的损失高达 315 亿美元之多 [2]，G. W. Bock 和 Y. G. Kim 认为导致该结果的根本原因是受知识传播意愿的影响 [3]。

2 文献综述

在知识经济时代，企业知识作为企业知识管理的重要资源，可以为企业创造巨大的竞争优势以及创造巨大的经济效益，知识传播是推动企业发展的动力源泉 [4]。很多学者对知识传播都有不同的见解，大多数学者将知识传播看作知识未知者与知识拥有者的交互过程，认为知识是在二者之间进行交流、学习、互动过程中进行传播、接收的。目前，学者们对知识传播的研究大致分为实证研究和理论研究两类，具体内容如下：

在实证研究方面，学者们侧重于研究影响企业知识传播的因素，通过实地调研与问卷调查研究对企业有正向作用的因素，如提倡组织文化共享、广泛应用知识资产与技术发明等 [5-7]。比较具有代表性的是 S. C. Goh 的研究，他认为传播能力能够较大程度影响知识传播，并将各因素综合为一个概念框架，阐述了影响知识转移过程有效性的一些关键因素 [7]。与理论研究不同，实证研究局限性在于实地调研样本数量过少，问卷调查带有个体主观性等，因此目前研究主流一般为理论研究。

在理论研究方面，学者们将研究病毒的传染病模型引入到对知识传播的研究当中，并考虑不同的传播群体、不同的传播机制不断改进模型。传染病模型是最早被用来研究知识传播动态的方法之一，早在 1927 年 W. O. Kermack 等便提出经典的 SIR 传染病模型 [8]。20 世纪 60 年代，W. Goffman 便创造性地将 SIR 传染病模型与知识传播相结合，研究肥大细胞相关科学知识的传播 [9]。S. G. Liao 等基于水传播疾病原理，认为一部分无知者会通过已有的知识库主动进行学习，构建考虑知识库的知识传播网络，通过数值模拟验证了理论分析结果 [10]；H. Wang 等基于人们能够自主获取不同于疫情传播的知识这一事实，构建考虑自我学习机制的知识传播模型，推导出平均场方程并进行模拟仿真，得出考虑自我学习机制更符合实际情况的结论 [11]；S. G. Liao 等认为知识存在内化机制，认为知识传播过程中，节点状态的转变会经过隐性知识与显性知识互相转化的过程，提出了一种新的 RHS 模型 [12]。Z. Yue 等认为知识传播系统中存在一类掌握知识且暂时不会传播的潜伏人群，在接受知识过程中需要时间去消化知识，提出知识传播的 SEIR 模型 [13]。

国内胡绪华等将企业划分为大小两类异质企业，构建了企业集群内异质企业间的知识传播模型，发现企业间接触率、学习成功率均会影响到知识传播的再生率 [14]；谭建等以企业集群员工为企业集群的网络节点，建立企业知识传播模型，分析了员工在企业知识传播中所起到的作用 [15]；綦良群等基于尖端制造业协同创新网络知识特征及其对知识传播的影响，构建了尖端制造业、服务组织与第三方用户的知识共享演化博弈模型，分析均衡策略的实现条件，对关键影响因素进行仿真分析 [16]；马宇彤等以 SEIR 模型为基础建立知识传播模型，运用 HITS 算法改进模型传播规律，揭示知识传播“冷启动”较难、规模受限的规律，最后以知乎平台动态回答数据验证结论 [17]。已有研究基于经典的传染病模型讨论知识传播考虑了自我学习机制、内化传播机制，但所考虑的节点对象不多，将传播意愿机制考虑在内的模型尚少。在实际生活中，知识传播网络是一个复杂网络，考虑更多状态节点，会更接近实际情况。国内外的大量研究表明，知识的传播是存在传播意愿这

知识管理论坛，2023(1): 65-76
DOI: 10.13266/j.issn.2095-5472.2023.006

一机制的，如马永红等研究表明，在 Nash 非合作博弈和 Stackelberg 主从博弈条件下，核心企业不愿意改变知识传播意愿，而在投入知识共享补贴后，企业会增大知识传播意愿 [18]；姚凯等研究表明雇佣关系、分配公平对企业间知识传播意愿有显著影响 [19]；唐厚兴基于市场竞争结构视角构建博弈模型，认为市场竞争结构对知识领先企业的知识传播意愿具有显著影响 [20]；A. Udin 等认为领导者在员工之间具有传播知识的意愿，以便于创新工作的开展 [21]；M. Azeem 等的研究表明知识传播是企业获得竞争优势的关键驱动力 [22]；Hao-Fan Chumg 等采用结构方程模型，分析表明企业提升员工的幸福感可以提升企业知识在企业内部传播的意愿 [23]。

I. Ajzen 和 M. Fishbein 提出的理性行为理论 (theory of reasoned Action，TRA) 认为：个体参与特定行为的决定是受意愿决定的行为表现，换而言之，个体决定是否实施某行为是靠自身意愿决定 [24]。知识创新型企业在创新出一种新知识（如新的营销方式、新的生产技术、创新发明等）时，往往不会将所创新的知识公之于众，习惯于作为商业机密自行使用，但其中一部分创新型企业由于与子公司或商业合作公司之间的合作关系，愿意将创新知识进行共享。因此，考虑到知识创新型企业所经历的创新过程以及知识创新型企业对创新知识的传播意愿，笔者将未掌握知识企业划分为一般知识未知企业与知识创新型企业，考虑知识创新型企业的知识创新过程与知识传播意愿对企业知识传播的影响，基于经典的 SEIR 模型，构建在创新型企业的知识创新引领下，考虑企业知识传播意愿的知识传播模型，同时给出平均场方程并进行模拟仿真验证结论，以帮助更好地掌握企业知识传播的规律，为企业进行更有效的知识传播提供策略建议。其中，借鉴《高新技术企业认定管理办法》中的说明，本文定义知识创新型企业为：研发费用达到收入的一定比例、研发人数占总劳动人数比例 10% 以上且具有知识创新能力，能够创造新技术、新方法、新营销模式等的企业。

3 考虑传播意愿的企业知识传播模型构建

信息技术的快速发展，对知识传播的方式产生了深刻的影响，互联网尤其是移动互联网的出现，使知识的传播进入到“电子传播”和“网络扩散”的新时代 [25]。由于企业间的知识传播过程与病毒在真实世界的传播具有较强的相似性 [26-27]，因此笔者基于经典的 SEIR 传染病模型，并假设企业知识传播是在一个封闭且存在 N 个节点的混合均匀网络中进行的，每个节点代表各类企业的状态，以企业之间的交互过程（如企业之间进行互相考察、学习、合作进行知识共享等）作为企业知识传播方式，且节点总数 N 不变。同时考虑创新型企业的知识创造过程以及传播意愿的影响，把企业知识传播系统中的企业状态分为 7 类：B（知识创新型企业）、S(一般知识未知企业)、T(创新知识掌握企业)、E(一般知识掌握企业)、H(创新知识传播企业)、I（一般知识传播企业）、R（企业知识移出企业），构建考虑传播意愿的知识传播模型（简称“B-STEHIR 模型”），具体见图 1。其中，B（知识创新型企业）具有知识创新能力且会经过一个知识创造过程；S（一般知识未知企业）是指未接触到其他企业知识的群体；T（创新知识掌握企业）是指经过创新型企业的知识创造过程并掌握创新知识的企业或受到创新知

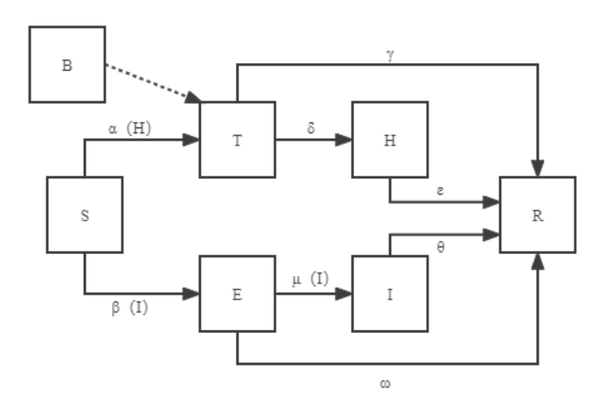


图 1 考虑知识创新与传播意愿的企业间知识传播模型

识传播转换来的企业；E（一般知识掌握企业）是指掌握一般知识的企业；H（创新知识传播企业）是指传播创新知识的企业；I（一般知识传播企业）是指传播一般知识的企业；R（知识移出企业）是指追求新知识、淘汰或升级现有知识的企业。

根据图 1 可知，企业知识在传播过程中遵循如下规则：

知识创新型企业势必经过一个知识创新过程，即创造知识、技术、方法等过程，从图 1 可以看出，从 B 状态到 T 状态，该过程不参与整个企业知识传播系统的传播。

一般知识未知企业接收到来自创新知识传播企业传播的知识，以 α 的概率接受该知识并转变为创新知识掌握企业；在知识传播系统中，除去创新知识在系统中起到的传播作用，一般知识也会起到传播作用。因此，一般知识未知企业也会接收到来自一般知识传播企业传播的知识，以 β 的概率接受该知识并转变为一般知识掌握企业。

经过 B 到 T 的状态改变后，知识创新型企业会转变为创新知识掌握企业。由于新营销方式、新技术、新方法等带来的企业发展契机，创新知识掌握企业掌握创新知识后存在一定概率会将这类创新知识进行传播，因为与子公司、合作企业等的合作关系或是其他可能为之带来利益的关系而将创新知识传播出去，从而变为创新知识传播企业，本文定义这种概率为创新知识传播意愿率 δ。创新知识掌握企业以 γ 的概率追求新知识、淘汰旧知识从而转变为企业知识移出企业；一般知识掌握企业接收到来自一般知识传播企业的知识，以 μ 的概率接受并传播该知识并转变为一般知识传播企业，因知识的淘汰或升级以概率 ω 转化为企业知识移出企业。

创新知识传播企业与一般知识传播企业由于知识的淘汰或升级，分别以 ε、θ 的概率转变为企业知识移出企业。

B 代表知识创新型企业创造知识状态，S(t)、T（t）、E（t）、H（t）、I（t）、R（t）分别代表一般知识未知企业、创新知识掌握企业、一般知识掌握企业、创新知识传播企业、一般知识传播企业、企业知识移出企业在 t 时刻的密度，并且有条件 S（t）+T（t）+E（t）+H（t）+I（t）+R（t）=1；0<α，β，δ，γ，μ，ω，ε，θ<1 成立。

根据以上假设及企业知识传播的规则，构建考虑知识创新与传播意愿的企业知识传播模型的平均场方程，其中 <k> 为网络平均度。具体计算公式如公式（1）-（6）所示：

$$\frac{dS(t)}{dt}=-<k>\beta S(t)I(t)-<k>\alpha S(t)H(t) \quad 公式（1）$$

$$\frac{dT(t)}{dt}=<k>\alpha S(t)H(t)-(\gamma+\delta)T(t) \quad 公式（2）$$

$$\frac{dE(t)}{dt}=<k>\beta S(t)I(t)-<k>\mu E(t)I(t)-\omega E(t) \quad 公式（3）$$

$$\frac{dH(t)}{dt}=\delta T(t)-\varepsilon H(t) \quad 公式（4）$$

$$\frac{dI(t)}{dt}=<k>\mu E(t)I(t)-\theta I(t) \quad 公式（5）$$

$$\frac{dR(t)}{dt}=\gamma T(t)+\varepsilon H(t)+\theta I(t)+\omega E(t) \quad 公式（6）$$

其中，S（t）、T（t）、E（t）、H（t）、I（t）、R（t）均为连续可微函数。

4 B-STEHIR 企业知识传播模型分析

4.1 平衡点求解及平衡点稳定性分析

令 $\frac{dS(t)}{dt}=0$、$\frac{dT(t)}{dt}=0$、$\frac{dE(t)}{dt}=0$、$\frac{dH(t)}{dt}=0$、$\frac{dI(t)}{dt}=0$、$\frac{dR(t)}{dt}=0$ 得出模型存在两个平衡点：① P_0（0，0，0，0，0，0）为方程组的一个无知识传播平衡点；② P_1（m_1，m_2，m_3，m_4，m_5，m_6）为方程组的一个有知识传播平衡点。其中 m_1–m_6 的计算如下：

$$m_1=\frac{\varepsilon(\gamma+\delta)}{<k>\alpha\delta},\quad m_2=\frac{\omega\theta\varepsilon\beta}{<k>\mu(\beta\varepsilon(\gamma+\delta)-\theta\alpha\delta)},$$

知识管理论坛，2023(1): 65-76
DOI: 10.13266/j.issn.2095-5472.2023.006

$$m_3=\frac{\theta}{<k>\mu},\quad m_4=\frac{\omega\theta\delta\beta}{<k>\mu(\beta\varepsilon(\gamma+\delta)-\theta\alpha\delta)},$$

$$m_5=\frac{\omega\theta\alpha\delta}{<k>(\beta\varepsilon(\gamma+\delta)-\theta\alpha\delta)},\quad m_6=\frac{\delta\omega\theta\varepsilon\beta}{<k>\mu(\beta\varepsilon(\gamma+\delta)-\theta\alpha\delta)}$$

$$+\frac{\delta\omega\theta\varepsilon\alpha}{<k>(\beta\varepsilon(\gamma+\delta)-\theta\alpha\delta)}+\frac{\delta\omega\theta^2\beta}{<k>\mu(\beta\varepsilon(\gamma+\delta)-\theta\alpha\delta)}$$

$$+\frac{\omega\theta}{<k>\mu}$$

其中，P_1 为有知识传播平衡点且当 $\beta\varepsilon(\gamma+\delta)-\theta\alpha\delta>0$ 时，公式 (1)-(5) 是局部渐进稳定的。

证明：公式 (1)-(5) 在有知识传播平衡点 P_1 处的雅可比矩阵为：

$$M=\begin{bmatrix} -\frac{\alpha\omega\theta\delta\beta(\mu+1)}{\mu(\beta\varepsilon(\gamma+\delta)-\theta\alpha\delta)} & 0 & 0 & -\frac{\varepsilon(\gamma+\delta)}{\delta} & -\frac{\beta\varepsilon(\gamma+\delta)}{\alpha\delta} \\ \frac{\alpha\omega\theta\delta\beta}{\mu(\beta\varepsilon(\gamma+\delta)-\theta\alpha\delta)} & -(\gamma+\delta) & 0 & \frac{\varepsilon(\gamma+\delta)}{\delta} & 0 \\ \frac{\alpha\omega\theta\delta\beta}{\beta\varepsilon(\gamma+\delta)-\theta\alpha\delta} & 0 & -(\frac{\omega\theta\alpha\delta\mu}{\beta\varepsilon(\gamma+\delta)-\theta\alpha\delta}+\omega) & 0 & \frac{\beta\varepsilon(\gamma+\delta)}{\alpha\delta}-\theta \\ 0 & \delta & 0 & -\varepsilon & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\omega\theta\alpha\delta\mu}{\beta\varepsilon(\gamma+\delta)-\theta\alpha\delta} & 0 & 0 \end{bmatrix}$$ 公式（7）

令 $g_1=\frac{\alpha\omega\theta\delta\beta}{\beta\varepsilon(\gamma+\delta)-\theta\alpha\delta}$，$g_2=\frac{\omega\theta\alpha\delta\mu}{\beta\varepsilon(\gamma+\delta)-\theta\alpha\delta}$，$g_3=\frac{\varepsilon(\gamma+\delta)}{\delta}$。

令

$$J=-M=\begin{bmatrix} \frac{g_1(\mu+1)}{\mu} & 0 & 0 & g_3 & \frac{\beta g_3}{\alpha} \\ -\frac{g_1}{\mu} & \gamma+\delta & 0 & -g_3 & 0 \\ -g_1 & 0 & g_2+\omega & 0 & \theta-\frac{\beta g_3}{\alpha} \\ 0 & -\delta & 0 & \varepsilon & 0 \\ 0 & 0 & -g_2 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

公式（8）

定义 $\Delta_i(i=1,2,3,4)$ 为 J 的 i 阶顺序主子式，

则：$\Delta_1=\begin{vmatrix}\frac{g_1(\mu+1)}{\mu}\end{vmatrix}=\frac{g_1(\mu+1)}{\mu}>0$，

$$\Delta_2=\begin{vmatrix}\frac{g_1(\mu+1)}{\mu} & 0 \\ -\frac{g_1}{\mu} & \gamma+\delta\end{vmatrix}=\frac{g_1(\mu+1)(\gamma+\delta)}{\mu}>0,$$

$$\Delta_3=\begin{vmatrix}\frac{g_1(\mu+1)}{\mu} & 0 & 0 \\ -\frac{g_1}{\mu} & \gamma+\delta & 0 \\ -g_1 & 0 & g_2+\omega\end{vmatrix}=(g_2+\omega)\Delta_2>0,$$

$$\Delta_4=\begin{vmatrix}\frac{g_1(\mu+1)}{\mu} & 0 & 0 & g_3 \\ -\frac{g_1}{\mu} & \gamma+\delta & 0 & -g_3 \\ -g_1 & 0 & g_2+\omega & 0 \\ 0 & -\delta & 0 & \varepsilon\end{vmatrix}=\varepsilon\Delta_3-\sigma\cdot$$

$$\begin{vmatrix}\frac{g_1(\mu+1)}{\mu} & 0 & g_3 \\ -\frac{g_1}{\mu} & 0 & -g_3 \\ -g_1 & g_2+\omega & 0\end{vmatrix}=\varepsilon\Delta_3-\delta(g_2+\omega)\,g_1g_3>0,$$

因为 J 矩阵的 4 阶顺序主子式大于零，所以 J 矩阵的 4 阶子矩阵为正定矩阵，则 J 的 4 阶子矩阵的特征值均大于 0。由矩阵定义，矩阵的迹等于矩阵的特征值之和，因此 J 矩阵的所有特征值大于或等于 0 成立，则 M 矩阵的特征值均小于或等于 0 成立。根据 Routh-Hurwitz 判别条件可得，知识传播平衡点 P1 局部渐进稳定。

4.2 基本再生数求解

借鉴基本再生数的定义 [27]，定义企业知识传播模型中的基本再生数为一个一般知识传播企业在传播过程中使得一般知识未知企业转变为一般知识传播企业的数量，是衡量企业知识传播的感染能力的重要参数。当 $R_0=1$ 时，为企

业知识传播阈值；当 $R_0<1$ 时，企业知识无法形成传播趋势；当 $R_0>1$ 时，企业知识能在一定范围内形成传播趋势。根据 O. Driessche 和 I. Al-Darabsah 采用的再生矩阵谱半径法 [28,30] 算基本再生数 R_0。

令 $X=(I(t),T(t),E(t),H(t))^T$，构造出 F(x) 和 V(x)，其中 F(x) 为新增的一般知识传播企业的密度，V(x) 为其他群体的密度，公式（2）-（5）可表示为：$dx=F(x)-V(x)$，若仅将一般知识企业转变为一般知识传播企业看作是新的感染，则

$$F(x)=\begin{bmatrix} <k>\mu E(t)I(t) \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

公式（9）

$$V(x)=\begin{bmatrix} \theta I(t) \\ (\gamma+\delta)T(t)-<k>\alpha S(t)H(t) \\ <k>\mu I(t)+\omega E(t)-<k>\beta S(t)I(t) \\ -\delta T(t)+\varepsilon H(t) \end{bmatrix}$$

公式（10）

当系统中存在企业知识传播时，此时取平衡点为 $E_0=(m_5, m_2, m_3, m_4)$，则

$$F=\begin{bmatrix} \theta & 0 & \dfrac{\omega\theta\alpha\delta}{\beta\varepsilon(\gamma+\delta)} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

公式（11）

$$V=\begin{bmatrix} \theta & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \gamma+\delta & 0 & 0 \\ \theta-\dfrac{\beta\varepsilon(\gamma+\delta)}{\alpha\delta} & 0 & \dfrac{\omega\theta\alpha\delta}{\beta\varepsilon(\gamma+\delta)-\theta\alpha\delta}+\omega & 0 \\ 0 & -\delta & 0 & \varepsilon \end{bmatrix}$$

公式（12）

令 $A=\dfrac{\omega\theta\alpha\delta}{\beta\varepsilon(\gamma+\delta)-\theta\alpha\delta}+\omega$，则

$$V^{*}=\begin{bmatrix} \gamma+\delta & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \theta\varepsilon A & 0 & 0 \\ (\dfrac{\beta\varepsilon(\gamma+\delta)}{\alpha\delta}-\theta)\varepsilon(\gamma+\delta) & 0 & \theta\varepsilon(\gamma+\delta) & 0 \\ 0 & \delta\theta A & 0 & (\gamma+\delta)\theta A \end{bmatrix}$$

公式（13）

$|V|=\theta\varepsilon(\gamma+\delta)A$，则

$$V^{-1}=\begin{bmatrix} \theta & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \gamma+\delta & 0 & 0 \\ \dfrac{\beta\varepsilon(\gamma+\delta)}{A\alpha\delta\theta}-\dfrac{1}{A} & 0 & A & 0 \\ 0 & \dfrac{\delta}{\varepsilon(\gamma+\delta)} & 0 & \varepsilon \end{bmatrix}$$

公式（14）

则

$$FV^{-1}=\begin{bmatrix} \theta^2+\dfrac{\omega\theta\alpha\delta}{\beta\varepsilon(\gamma+\delta)-\theta\alpha\delta}\cdot(\dfrac{\beta\varepsilon(\gamma+\delta)}{A\alpha\delta\theta}-\dfrac{1}{A}) & 0 & \dfrac{\omega\theta\alpha\delta}{\beta\varepsilon(\gamma+\delta)-\theta\alpha\delta}A & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

公式（15）

则 $R_0=1-\dfrac{\theta\alpha\delta}{\beta\varepsilon(\gamma+\delta)}+\theta^2$。

从 R_0 的表达式看，在 θ、δ 无法确定时，当增大 β、ε、γ 或减少 α 时，即增大对企业一般知识的吸收率，增快知识更新速度或减小创新知识传播企业的知识传播能力时，会导致基本再生数增大，在基本再生数不断增加至 1 的过程中，一般知识的传播规模会扩大，而一般知识传播规模的扩大能够使得中小企业群整体形成知识共享的良性循环，创造出企业的经济价值 [2]。因此，企业可以通过适当减小创新企业对创新知识的传播速度、加快更新创新知识、淘汰过时技术与方法等手段使一般企业知识得到传播。

5 B-STEHIR 模型模拟仿真

本节使用 Matlab 2020a 软件进行仿真模拟，利用龙格—库塔方法（Runge—Kuntt）求解公式 (1)-(6)，对是否考虑传播意愿、不同传播意愿率、不同创新知识传播率、不同创新知识淘汰率下的模型进行仿真模拟。假设企业知识在一个有 N 个节点的混合均匀网络中传播，每个节点代表一个企业，N=100，根据《高新技术企业认定管理办法》中的说明，结合本文对知识创新型企业的定义，考虑设置知识创新型企业的初始状态为 10 个，一般企业知识传播

知识管理论坛，2023(1): 65-76
DOI: 10.13266/j.issn.2095-5472.2023.006

者的初始状态为 1 个，其余为一般知识未知企业，即 $I(0)=0.01$，$B(0)=T(0)=0.1$，$S(0)=0.89$，$E(0)=H(0)=R(0)=0$，以下仿真结果均考虑在此初始状态下进行。

在 $\alpha=0.8$、$\beta=0.5$、$\gamma=0.8$、$\delta=0.2$、$\mu=0.4$、$\omega=0.6$、$\varepsilon=0.05$、$\theta=0.07$、$<k>=20$ 时，网络中各群体的密度随时间变化见图 2。在企业知识传播过程中，创新知识传播企业的密度和一般知识传播企业的密度先增大至峰值再开始减小，且二者下降趋势较缓，最后趋于稳定；一般知识未知企业的密度在传播之初大幅下降，最后趋于稳定；创新知识掌握企业的密度在传播之初小幅下降，随后增长至峰值再开始下降，最后趋于稳定；一般知识掌握企业的密度增大至峰值后开始下降，最后趋于稳定；企业知识移出企业的密度不断增大，增大至最大值后达到稳定状态。仿真结果表明：对比未考虑知识创新和传播意愿的知识传播模型，在考虑知识创新和传播意愿的知识传播模型中，企业一般知识的传播速度会放缓，企业知识移出企业群体的密度稳定值更小，一般知识掌握企业的密度增长速度放缓。这进一步表明，在企业知识传播过程中，传播意愿对整个企业知识传播系统有较大的影响。

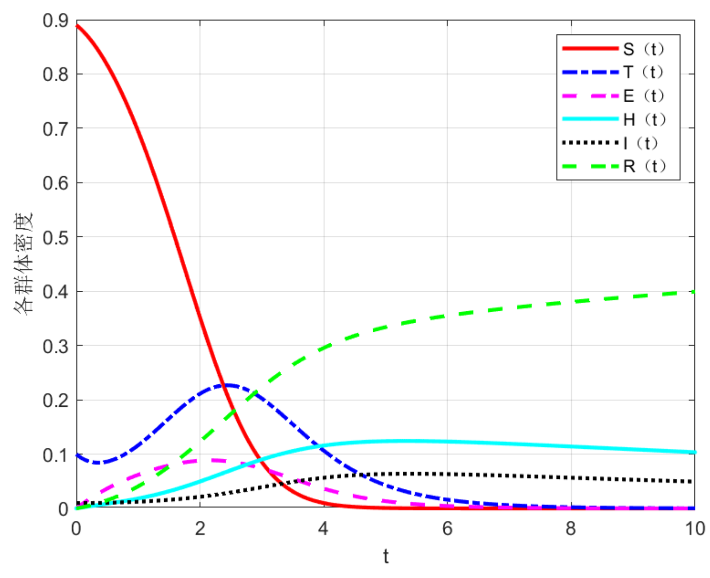


图 2 各群体密度随时间变化趋势

图 3 展示了在考虑传播意愿与不考虑传播意愿时，一般知识传播企业与企业知识移出企业的密度变化，状态转换概率参数值设置为 α=0.8、β=0.5、γ=0.8、δ=0.2、μ=0.4、ω=0.6、ε=0.05、θ=0.07。图 3(a) 展示了与考虑传播意愿相比，不考虑传播意愿会使一般知识传播企业的密度峰值更高，达到稳定状态所需时间更长；图 3(b) 展示了考虑传播意愿情况下，企业知识移出企业的密度达到稳定状态所需时间更短且稳定状态密度值更低。仿真结果表明：传播意愿这一因素对一般知识传播企业、知识移出企业的密度改变速度以及稳定时的密度大小有较大影响。

图 4 展示了在不同的传播意愿率下，即 δ 取值不同时，一般知识未知企业、一般知识掌握企业、一般知识传播企业、企业知识移出企业的密度变化趋势，状态转移参数除 δ 及 δ 改变势必引起改变的 γ 以外，其余参数均与图 3 中一致。图 4(a) 展示了随着传播意愿的增强，一般知识未知企业的密度会更快达到稳定状态，下降速度会随着传播意愿的增强不断加快；图 4(b) 展示了一般知识掌握企业的密度随着传播意愿的减弱，达到峰值所需时间更长且峰值更大，并且在传播意愿概率 δ 从 0.4 改变到 0.2 过程中，一般知识掌握企业的密度改变更明显；

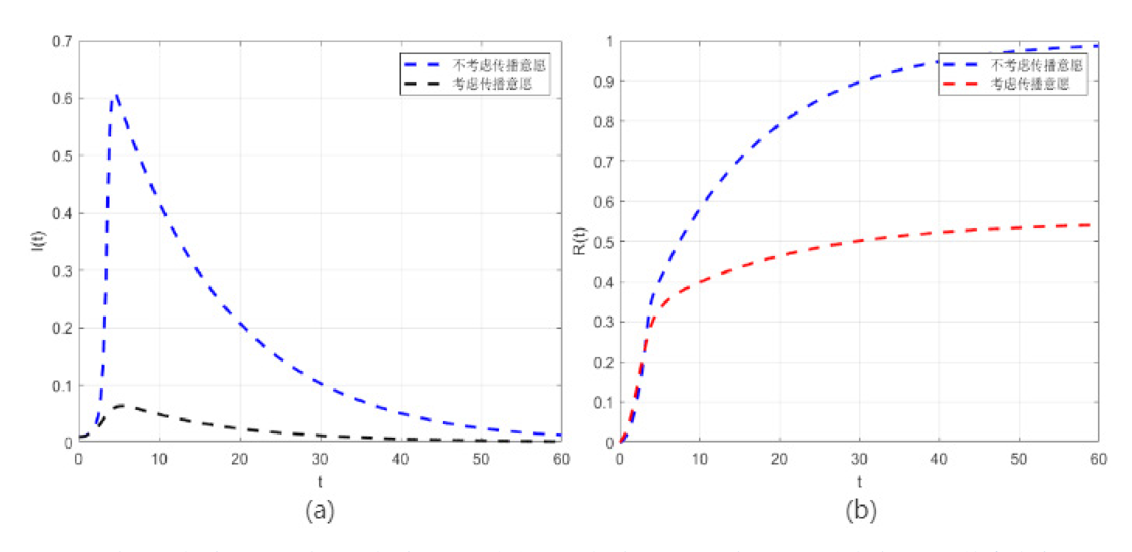


图 3 考虑传播意愿与不考虑传播意愿下一般知识传播企业 (a) 与企业知识移出企业 (b) 的密度变化

图 4 不同传播意愿率下一般知识未知企业 (a) 一般知识掌握企业 (b) 一般知识传播企业 (c) 企业知识移出企业 (d) 的密度变化

知识管理论坛，2023(1): 65-76
DOI: 10.13266/j.issn.2095-5472.2023.006

图 4(c) 展示了一般知识传播企业的密度随着传播意愿的减弱，达到密度峰值更大，并且在传播意愿概率 δ 从 0.4 改变到 0.2 过程中，一般知识传播企业的密度改变尤为明显，达到峰值时间与降低至稳定状态时间改变不显著；图 4(d) 展示了企业知识移出企业的密度随着传播意愿的增强而增大，但达到稳定状态的时间无明显变化。仿真结果表明：随着创新知识掌握企业对创新知识传播意愿的改变，整个企业知识传播系统中的一般知识掌握企业、一般知识未知企业、一般知识传播企业、企业知识移出企业的密度有着较大变化。

图 5 展示了在不同创新知识传播率下，即 α 取值不同时，一般知识传播企业、创新知识传播企业、企业知识移出企业的密度变化趋势，此时其余参数值设置为 β=0.5、γ=0.8、δ=0.2、μ=0.4、ω=0.6、ε=0.05、θ=0.07。图 5(a) 展示了创新知识传播率越小，即 α 越小，一般知识传播企业的密度峰值越高且密度改变量越大；图 5(b) 展示了企业知识移出企业的密度随着创新知识传播率增大而减小，并且在趋于稳定状态时，创新知识传播率越大，企业知识移出企业的密度越小；图 5(c) 展示了创新知识传播率越高，即 α 越大，创新知识传播企业的密度峰值越大且增长量不大。仿真结果表明：创新知识传播率对一般知识传播企业密度变化有显著影响，对企业知识移出企业密度变化有一定影响，对创新知识传播企业影响较小。

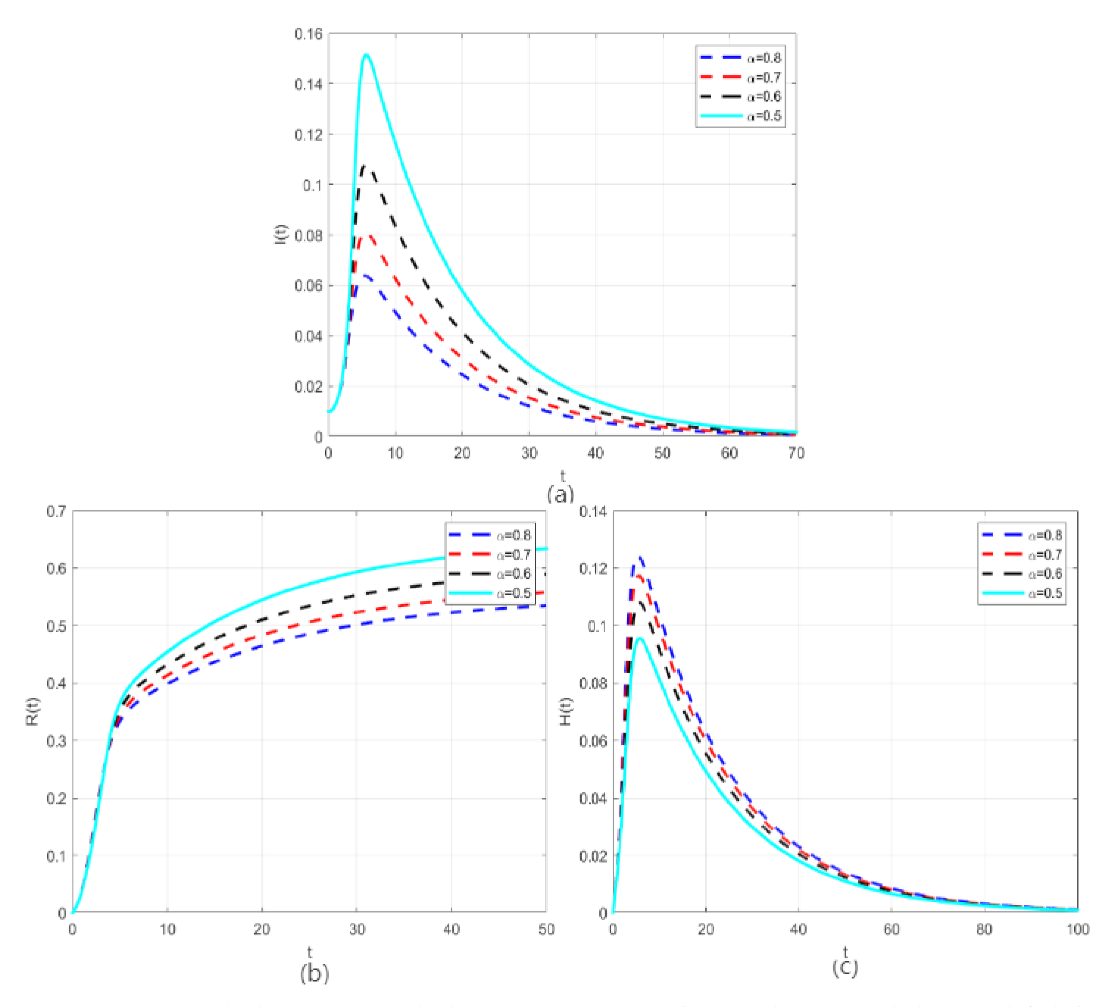


图 5 不同创新知识传播率下一般知识传播企业 (a) 创新知识传播企业 (b) 企业知识移出企业 (c) 的密度变化



知识管理论坛
2023 年 第 1 期（总第 43 期）

图 6 展示了在不同创新知识淘汰率下，即 ε 取值不同时，创新知识掌握企业、一般知识传播企业的密度变化趋势，此时除 ε 外，其余参数值设置为 α=0.8、β=0.5、γ=0.8、δ=0.2、μ=0.4、ω=0.6、θ=0.07。图 6(a) 展示了创新知识掌握企业的密度峰值会随着创新知识淘汰率的减小而增大且改变不显著，达到稳定状态所需要时间更长；图 6(b) 展示了一般知识传播企业的密度会随着创新知识淘汰率的增大而增大且改变量极小。仿真结果表明：创新知识淘汰率的改变对创新知识掌握企业的密度变化有影响，对一般知识传播企业密度变化影响很小。

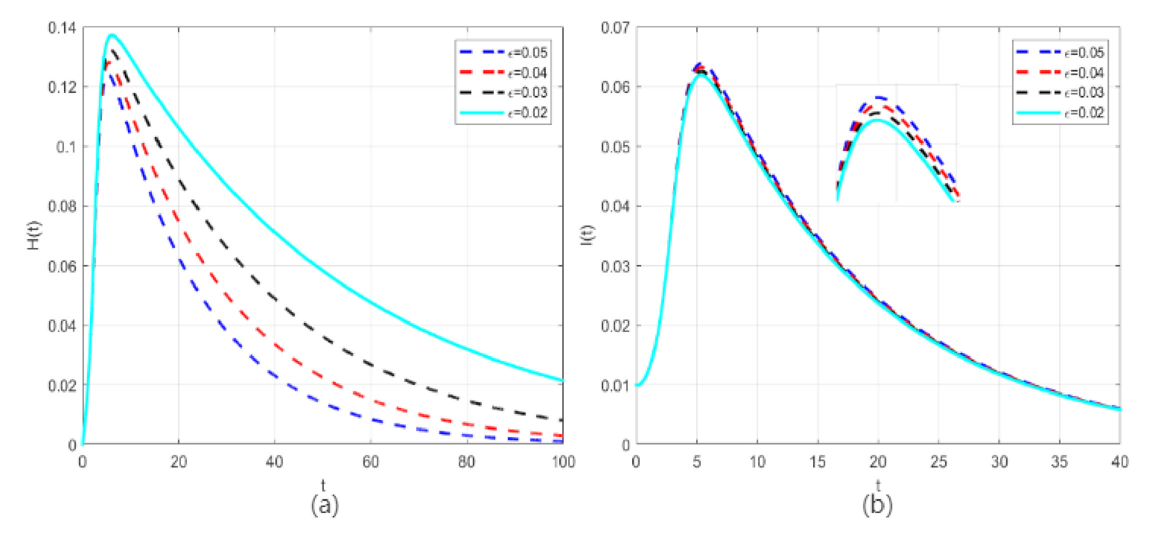


图 6 不同创新知识淘汰率下创新知识掌握企业 (a) 一般知识传播企业 (b) 的密度变化

6 结论

笔者借鉴经典的 SEIR 传染病模型的思想，考虑了知识创新型企业创造新知识、新技术、新发明等过程的影响，结合企业知识传播意愿对企业知识传播的影响，构建 B-STEHIR 模型，同时给出平均场方程并求出模型基本再生数，利用龙格—库塔方法（Runge—Kuntt）对模型进行模拟仿真，分析了企业知识传播过程，探索了企业知识传播规律，并对相关参数的影响进行具体分析。仿真结果表明：在创新型企业的知识创新引领下，传播意愿对企业知识传播系统有重要影响，相比不考虑传播意愿，考虑传播意愿更符合实际情况；知识创新型企业的知识创新过程直接增大了创新知识掌握企业的数量，使得创新知识掌握企业的数量来源增多，即创新知识掌握企业的数量不仅来源于创新知识传播企业对未知企业的知识传播过程，也来自创新型企业本身的知识创新行为，这与实际情况更加接近。从而为企业提高竞争优势，高效传播企业知识，更好地理解企业知识传播规律提供了新的思路。通过对基本再生数的求解与仿真模拟，本文得出结论：增大 β、γ、ε 或减少 α 可以使企业知识在整个知识传播网络中得到传播，减小 δ 会使一般知识传播企业的群体密度增大。在实际生活中，企业可以通过加快企业一般知识传播速度、加快更新创新知识、淘汰过时技术和方法等手段来实施；政府可以通过出台政策鼓励企业进行知识共享，从而促进企业知识的传播。

企业知识在传播过程中会受到很多因素的影响，本文将其传播网络考虑为均匀网络存在一定的局限性，无标度网络可能更符合实际，希望后续研究能够在无标度网络中进行并考虑更多因素。

参考文献：

[1] WANG H, WANG J, DING L, et al. Knowledge

知识管理论坛，2023(1): 65-76
DOI: 10.13266/j.issn.2095-5472.2023.006

transmission model with consideration of self-learning mechanism in complex networks[J]. Applied mathematics and computation, 2017, 304: 83-92.

[2] BABCOCK P. Shedding light on knowledge management[J]. HR magazine, 2004, 49 (5): 46-50.

[3] BOCK G W, KIM Y G. Breaking the myths of rewards: an exploratory study of attitudes about knowledge sharing[J]. Information resources management journal, 2002, 15(2): 14-21.

[4] PINCH S, HENRY N. Paul Krugman's geographical economics, industrial clustering and the British motor sport industry[J]. Regional studies, 1999, 33(9): 815-827.

[5] FERNANDES K J, RAJA V. A practical knowledge transfer system: a case study[J]. Work study, 2002, 51(3): 140-148.

[6] SYED O, ROWLAND F. Knowledge management in a public organization: a study on the relationship between organizational elements and the performance of knowledge transfer[J]. Journal of knowledge management, 2004, 8(2): 95-111.

[7] GOH S C. Managing effective knowledge transfer: an integrative framework and some practice implications[J]. Journal of knowledge management, 2002, 6(1): 23-30.

[8] KERMACK W O, MCKENDRICK A G A. A contribution to the mathematical theory of epidemics[J]. Proceedings of the Royal Society A: mathematical physical and engineering sciences, 1927, 115(772): 700-721.

[9] GOFFMAN W. Mathematical approach to the spread of scientific ideas[J]. Nature, 1966, 212(5061): 449-452.

[10] LIAO S G, YI S P. Modeling and analyzing knowledge transmission process considering free-riding behavior of knowledge acquisition: a waterborne disease approach[J]. Physica A: statistical mechanics and its applications, 2021, 569(1): 0378-4371.

[11] WANG H, WANG J, DING L, et al. Knowledge transmission model with consideration of self-learning mechanism in complex networks[J]. Applied mathematics and computation, 2017, 83(92): 0096-3003.

[12] LIAO S G, YI S P. Modeling and analysis knowledge transmission process in complex networks by considering internalization mechanism[J]. Chaos solitons & fractals, 2021, 143(1): 110-593.

[13] YUE Z, XU H, YUAN G, et al. Modeling study of knowledge diffusion in scientific collaboration networks based on differential dynamics: a case study in graphene field[J]. Physica A: statistical mechanics and its applications, 2019, 524:375-391.

[14] 胡绪华，陈丽珍，吕魁. 基于传染病模型的集群内异质企业间知识传播机理分析与仿真 [J]. 运筹与管理，2015, 24(3): 248-257.

[15] 谭建. 基于小世界网络的企业集群知识传播模型 [J]. 科技与经济，2012, 25(6): 11-15.

[16] 綦良群，吴佳莹，王智慧. 先进制造企业协同创新网络知识共享的演化博弈 [J/OL]. 计算机集成制造系统，2022: 1-23[2022-04-15].

[17] 马宇彤，胡平. 考虑"关键用户"影响力及"热点问题"识别的改进 SEIR 知识传播模型 [J]. 预测，2021, 40(5): 48-55.

[18] 马永红，刘海礁，柳清. 产业集群协同创新知识共享策略的微分博弈研究 [J]. 运筹与管理，2020, 29(9): 82-88.

[19] 姚凯，汤建影. 雇佣关系、组织公平与知识共享意愿：基于中国企业的实证研究 [J]. 复旦学报：自然科学版，2016(1): 8-17, 27.

[20] 唐厚兴. 市场竞争结构对虚拟联盟内知识领先企业共享意愿的影响 [J]. 科技管理研究，2016, 36(22): 150-156.

[21] UDIN A, RADVAN D, ISALMAN I. Transactional leadership and innovative work behavior: testing the mediation role of knowledge sharing in distribution market[J]. Journal of distribution science, 2022, 20(1): 41-53.

[22] AZEEM M, AHMED M, HAIDER S, et al. Expanding competitive advantage through organizational culture, knowledge sharing and organizational innovation[J]. Technology in society, 2021, 66(7): 101635.

[23] CHUMG H F, SEATON J, COOKE L, et al. Factors affecting employees' knowledge-sharing behaviour in the virtual organisation from the perspectives of well-being and organisational behaviour[J]. Computers in human behavior, 2016, 64: 432-448

[24]AJZEN I, FISHBEIN M. Understanding attitudes and predicting social behavior[M]. Englewood Cliffs: Englewood cliffs, 1980.

[25] 肖峰. 知识传播的现代方式及其特征探析 [J]. 武汉科技大学学报（社会科学版），2021, 23(1): 85-91.

[26] 齐廉文，吴洁，庄蕾，等. 生态视域下创业生态系统异质企业间知识转移机理研究 [J]. 复杂系统与复杂性科学，2021, 18(4): 74-83.

[27] 李常洪，张曦. 组织中情绪氛围对隐性知识共享的影响——基于多 agent 的仿真研究 [J]. 情报理论与实践，

2016, 39(9): 77-81.
[28] DIEKMANN O, HEESTERBEEK J, METZ J. On the definition and the computation of the basic reproduction ratio R0 in models for infectious diseases in heterogeneous populations[J]. Journal of mathematical biology, 1990, 28(4): 365-382.
[29] van den Driessche P, Watmough J. Reproduction numbers and sub-threshold endemic equilibria for compartmental models of disease transmission[J]. Mathematical biosciences, 2002, 180(1/2): 29-48.
[30] AL-DARABSAH I, YUAN Y. A time-delayed epidemic model for Ebola disease transmission[J]. Applied mathematics and computation, 2016, 290: 307-325.

作者贡献说明：
连卓毅：确定论文主题，撰写论文；
王筱莉：指导研究思路，修改论文；
张　静：修改论文；
钱梦迪：修改论文；
陈淑琴：修改论文。

Inter-Firm Knowledge Dissemination Model That Considers Knowledge Innovation and the Willingness to Disseminate Knowledge

Lian Zhuoyi Wang Xiaoli Zhang Jing Qian Mengdi Chen Shuqin
School of Management, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620

Abstract: [Purpose/Significance] In the era of knowledge economy, enterprise knowledge is considered to be the main driving force for the development of enterprises, how to find the law of knowledge dissemination and carry out effective knowledge dissemination has become an increasing concern of scholars. **[Method/Process]** On the basis of the classic infectious disease model SEIR model, enterprises are divided into knowledge innovation enterprises and general knowledge unknown enterprises. On the basis of considering that knowledge innovation enterprises can carry out knowledge innovation, combined with the influence of enterprise knowledge dissemination willingness on enterprise knowledge dissemination, a B-STEHIR model considering the willingness of enterprise knowledge dissemination under the guidance of knowledge innovation of innovative enterprises is constructed, and the average field equation of the model is proposed. At the same time, the basic regeneration number is solved by the next-generation matrix method, and the model is simulated using Matlab2020a. **[Result/Conclusion]** The results show that under the guidance of knowledge innovation of innovative enterprises, the factor of willingness to disseminate plays an important role in the process of enterprise knowledge dissemination, and knowledge spreads more slowly in the knowledge dissemination model that considers the willingness to spread compared with the knowledge dissemination model that does not consider the willingness to spread The stronger the willingness to disseminate innovative knowledge, the slower the dissemination of general knowledge, and enterprises and governments can take various measures to promote the effective dissemination of corporate knowledge.

Keywords: corporate knowledge　knowledge dissemination　SEIR model　willingness to disseminate　B-STEHIR model